Die
Multirotation der Dextrose.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VON DER

PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

GENEHMIGT

UND

NEBST DEN BEIGEFÜGTEN THESEN ÖFFENTLICH ZU VERTEIDIGEN

AM

11. MÄRZ 1895

VON

ANTON LEVY

AUS BERLIN.

Opponenten:

Herr stud. phil. **C. Geballe.**
Herr stud. med. **J. Magner.**
Herr cand. chem. **V. Gordon.**

BERLIN 1895.

BUCHDRUCKEREI VON MAX BADING

SW., BEUTH-STRASSE 2.

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit zugeeignet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/multirotationder0000anto

Die Multirotation der Dextrose.

Die Multirotation, welche mehrere Zuckerarten zeigen, ist seit ihrer Entdeckung der Gegenstand grossen Interesses gewesen, weil schon Biot festgestellt hatte, dass die Drehung der Polarisationsebene eine rein konstitutive, den Molekülen anhaftende Eigenschaft ist und man deshalb bei allen ihren Begleiterscheinungen auf wichtige theoretische Ergebnisse hoffen durfte. Aber während ein anderes, in vielen Beziehungen sehr ähnliches Phänomen, das der Inversion des Rohrzuckers, hinreichende Erklärung gefunden und wertvolle theoretische Aufschlüsse geliefert hat, ist eine befriedigende, allgemein angenommene Theorie der Multirotation noch nicht aufgefunden worden, obgleich es an eingehenden Untersuchungen und Erörterungen über den Gegenstand nicht gefehlt hat und die Kenntnis der Erscheinung schon über 45 Jahre zurück datiert.

1846 hatte Dubrunfaut[1]) beobachtet, dass Glukosehydrat bald nach der Lösung in Wasser ein etwa doppelt so hohes Drehungsvermögen besass, als nach 24 Stunden; von dem Momente der Lösung an nahm die Grösse der Drehung beständig ab bis zu einem bestimmten Winkel, der dann konstant blieb. Temperatur-Erhöhung beschleunigte, Abkühlung verlangsamte den Verlauf der Erscheinung; nach zwei Minuten langem Kochen zeigte sich sofort der konstante Winkel. Er fand diese Erscheinung an allen Glukose-Arten, gleichviel welchen Ursprungs, wieder. Schon jetzt konstatierte Dubrunfaut, dass man die Drehungsgrösse im Momente der Lösung auf keine Weise messen kann, er schätzte jedoch das Verhaltnis der Anfangs- zur konstanten Schlussdrehung auf 66 : 35. Ihm fiel bereits die Temperatur-Erniedrigung auf, welche die Glukose bei der Lösung

[1]) Compt. rend. 23, 42.

bewirkt, und er suchte daher die allmähliche Abnahme des Drehungsvermögens aus einem Verlust des Kristallwassers oder anderen molekularen Umsetzungen zu erklären. Fünf Jahre später fand Pasteur[1]) dieselbe Erscheinung an der Chlornatrium-Verbindung des Traubenzuckers wieder. Er bestritt entschieden, dass ein etwaiger Kristallwasser-Verlust die Ursache der geringeren Drehung sein könne, da auch Dextrose, die durch Erhitzen des Kristallwassers beraubt wäre, in wässriger Lösung Birotation zeige. Dem schloss sich Erdmann[2]) an, der das Beobachtungsmaterial durch die wichtigen Entdeckungen bereicherte, dass auch Milchzucker solche veränderliche Drehung zeigt und dass Zusatz von Säuren den Verlauf des Vorgangs ebenso wie Temperatur-Erhöhung beschleunigt. Erdmann fand, dass im Wasserbade erhitzte Glukose zu einer glasigen Masse erstarrte, welche an der Luft Feuchtigkeit anzog und weich und klebrig wurde. Löste er sie in diesem Zustande rasch in Wasser auf, so zeigte sich sofort die geringere, konstante Drehung. Er folgerte, dass die ursprünglich kristallinische Dextrose in der Lösung allmählich in diese amorphe Modifikation übergehe. Diese Umwandlung sei die Ursache der Drehungsänderung. Die beiden Glukose-Arten seien auch durch die Menge der (während der Auflösung?) gebundenen Wärme unterschieden, eine Bemerkung, die auch Dubrunfaut gemacht hatte. Kurz darauf fand Pasteur[3]) noch an der Galaktose, von ihm Laktose genannt, Birotation. Béchamp[4]) hielt trotz der gemachten Einwände an der alten Erklärung fest, dass die Abnahme der Drehung von Kristallwasser-Austritt herrühre. Nur durch Schmelzen lasse sich Glukose völlig entwässern, zeige dann aber auch sofort die konstante Drehung. Jetzt nahm auch Dubrunfaut[5]) seine Untersuchungen wieder auf. Er hielt nun die Anfangsdrehung für genau doppelt so hoch als den Schlusswinkel und nahm darum zwei Modifikationen an: glucose monorotatoire und birotatoire. Löse man Glukose in Methylalkohol, so bewahre sie ihr höheres Drehungsvermögen so lange, dass man es unverändert beobachten könne. Daraus, sowie aus den am Milchzucker gemachten Beobachtungen schliesst er,[6]) dass

[1]) Jahresber. f. 1851, 176.

[2]) Dissertatio de sacharo lactico et amylaceo. Berol. 1855. Referat siehe Jahresber. f. 1855, 671.

[3]) Compt. rend. 42, 347. [4]) Compt. rend. 42, 640.

[5]) Compt. rend. 42, 228. [6]) Compt. rend. 42, 739.

die ungelöste Glukose eine andere molekulare Konstitution habe, als die in Lösung befindliche; diese Konstitution gehe indessen erst allmählich in die letztere über. Das veranlasse die Birotation. Béchamp gegenüber betonte er, dass der Kristallwasser-Verlust allein nicht die Birotation verschwinden lasse, falls er durch vorsichtiges Erwärmen ohne Schmelzen bewirkt werde, und dass andererseits eine ohne Kristallwasser - Abgabe geschmolzene Glukose doch sofort die konstante Drehung zeige. Die Dextrose erleide also in der Lösung dieselbe Umwandlung wie beim Schmelzen. Die Richtigkeit der Beobachtungen musste Béchamp[1]) zugeben, er suchte dieselben aber mit seiner Theorie zu vereinbaren. Es existieren nach ihm zwei Modifikationen des wasserfreien Stärkezuckers, deren eine bei 100° leicht schmilzt, sich ohne Kristallwasser-Bindung in Wasser löst und das geringere Drehungsvermögen besitzt, wogegen die andere im Wasserbade nicht schmilzt und die doppelte Drehung zeigt. Die letztere binde bei der Auflösung zunächst zwei Äquivalente Wasser, gehe jedoch in der Lösung allmählich in die erstere über. — Die jetzt folgenden Arbeiten beschränkten sich auf eine Erweiterung des Beobachtungsmaterials. Hesse studierte 1875 eine grosse Anzahl von aktiven Substanzen[2]) und fand am Milchzucker, fünf verschiedenen Glukose-Arten, sowie Phloridzin-Zucker variables Drehungsvermögen. Milchzucker zeigte auf Zusatz von 1 mol. Na_2O sofort die konstante Drehung; bei Dextrose in alkoholischer Lösung verlief der Prozess bedeutend langsamer als in Wasser. Parcus und Tollens[3]) untersuchten ausser Dextrose und Milchzucker noch Lävulose, Galaktose, Arabinose, Xylose und Maltose, die sämtlich Multirotation zeigten, die letztere allerdings in umgekehrtem Sinne wie die anderen Zuckerarten, da ihr Drehungsvermögen gleich nach der Lösung geringer war als später.[4]) Besonders hoch, nämlich mehr als viermal so gross als die Schlussdrehung, war die Multirotation bei der Xylose.[5]) Sie benutzten ihr Beobachtungsmaterial zur Konstruktion von Kurven, indem sie die Zeiten als Abscissen und die entsprechenden Drehungen als Ordinaten eintrugen, und versuchten durch Rückwärtsverlängerung der

[1]) Compt. rend. 42, 896. [2]) Lieb. Ann. 176, 89 und 189.
[3]) Lieb. Ann. 257, 160.
[4]) Solche „Halbrotation" beobachtete Schmoeger auch am wasserfreien Milchzucker. (Ber. d. chem. Ges. 13, 1915.)
[5]) Vgl. auch Koch (Pharm. Zeitschr. f. Russl. 1886) und Wheeler und Tollens (Lieb. Ann. 254, 310).

Kurven dem wirklichen Werte der Drehung zur Zeit der Auflösung auf die Spur zu kommen. Dasselbe Ziel verfolgte Urech[1]) durch Anwendung niedriger Temperaturen. Er war es auch, der zum ersten Male die Geschwindigkeit des Verlaufes der Erscheinung, welche er „Birotations-Rückgang" nannte, berechnete. Da die vorhandene Menge Wasser in der Lösung als unverändert betrachtet werden kann und nur der Zucker eine Verwandlung erfährt, so kann man den Birotations-Rückgang als eine Reaktion erster Ordnung auffassen und die Wilhelmy'sche Gleichung anwenden. Urech setzte nun für Glukose die Anfangsdrehung auf 2,1 der Schlussdrehung an, die für Glukose und Milchzucker berechneten Geschwindigkeitskonstanten zeigen indess keine gute Uebereinstimmung. Zu den bisher bekannten birotierenden Zuckerarten gesellten Schnelle und Tollens[2]) noch die Rhamnose und verschiedene Saccharine, Günther und Tollens[3]) die neu entdeckte Fukose; in allerneuester Zeit fand Blosfeldt[4]) bei Asparagin, welches mit Formaldehyd zusammen in Lösung war, ebenfalls Multirotation.

Jetzt wandte sich die Aufmerksamkeit wieder den Gründen des Phänomens zu. Während Urech[5]) und vorher Hesse[6]) sich darauf beschränkt hatten, zwei verschiedene Modifikationen, eine polymolekulare und eine einfache molekulare, anzunehmen, deren ersterer die grössere, deren letzterer aber die kleinere Drehung zukomme — eine Anschauung, welcher die Beobachtung von Arrhenius, dass eine frisch bereitete Dextrose-Lösung dieselbe Gefrierpunkts-Erniedrigung zeigt wie eine während einiger Tage sich selber überlassene, wenig günstig war —, versuchte Jakobi[7]) durch Beobachtung der Phenylhydrazon-Bildung der birotierenden Zucker eine eindeutige Erklärung des Vorganges zu finden. Aus seiner Arbeit geht klar hervor, dass frische Zuckerlösungen viel rascher und leichter Hydrazone bilden als solche, die einige Zeit gestanden haben. Damit steht aber offenbar sowohl die von Dubrunfaut, Erdmann, Pasteur, Hesse und Urech vertretene Theorie, dass die stärker drehende Substanz komplizierter molekular konstituiert sei, als auch die Béchamp'sche Ansicht eines langsamen Wasserverlustes in

[1]) Ber. d. chem. Ges. 15, 2132; 16, 2270; 17, 1547; 18, 3047.
[2]) Lieb. Ann. 271, 61. [3]) Ebenda 271, 89.
[4]) Dissertation: Ueber den Einfluss von Säuren etc. auf die Drehung des Asparagins. Berlin 1894, S. 28.
[5]) s. o. [6]) s. o. [7]) Lieb. Ann. 272, 170.

direktem Widerspruch, da in beiden Fällen die restierende, schwächer drehende Modifikation die einfachere Zusammensetzung haben müsste, während die Jakobi'schen Versuche das Gegenteil erweisen. Jakobi schliesst folgerichtig, die allmähliche Abnahme der Drehung sei die Konsequenz eines Hydratationsprozesses, den der Zucker in der Lösung allmählich erleide. Trotz dieser überzeugenden Gegengründe räumte die Béchamp'sche Theorie keineswegs das Feld, sondern fand vielmehr, freilich in etwas geklärter Form, noch neue, gewichtige Unterstützung. Schulze und Tollens[1]) hatten die Urech'sche Beobachtung[2]), dass Zusatz von Ammoniak zum Lösungsmittel die Birotation sofort verschwinden lasse, durch neue Versuche bestätigt, und Tollens folgerte nun daraus, sowie aus dem Fehlen der Wärme-Erscheinungen[3]) in ammoniakalischen Lösungen, dass die grössere Drehung einem sich bei der Lösung in Wasser sofort bildenden Hydrat zukomme, das sich dann allmählich zum Anhydrid dissoziiere; dem letzteren gehöre die geringere, konstante Drehung an; zu ganz derselben Annahme hatte inzwischen Béchamp[4]) seine frühere Theorie ausgestaltet. Die Birotation komme einzig und allein den Hydraten der betr. Zucker zu, während die einfache Drehung den Anhydriden eigen sei. Löse man ein Anhydrid, so gehe es sofort ins Hydrat über, gebe indess das eben angezogene Wasser alsbald langsam wieder ab, so dass schliesslich das Anhydrid restiere; dieselbe Dissoziation erfahre auch das Hydrat in wässriger Lösung. Indess, ganz abgesehen von der Unvereinbarkeit dieser Hypothese mit den Jakobi'schen Beobachtungen, wäre eine derartige vorübergehende Wasseranlagerung, wie Tollens selbst zugiebt, eine ganz einzig dastehende, höchst auffallende Erscheinung. In der That ist gar nicht einzusehen, warum das zum Schluss in der Lösung restierende Anhydrid, welches sich ja unter genau den gleichen Bedingungen befindet, wie zuvor im Momente der Lösung, sich nicht wiederum ins Hydrat verwandelt und so weiter in infinitum! Alle Thatsachen, die zur Unterstützung der Béchamp-Tollens'schen Hypothese angeführt werden, lassen sich aber

[1]) Lieb. Ann. 271, 49.

[2]) Vergl. Ber. d. chem. Ges. 15, 2132.

[3]) Ber. d. chem. Ges. 26, 1799; vergl. auch Erdmann (Jahresber. f. 1855, 671). Auf die Temperaturerniedrigung beim Auflösen hatte schon Dubrunfaut in seiner ersten Abhandlung hingewiesen.

[4]) Bull. soc. chim. III. 9, 401; 511.

mit einem Hydratationsprozess sehr gut vereinigen. Das Ausbleiben der Multirotation ist nicht nur in ammoniakalischen, sondern in allen genügend sauren und alkalischen [1]) Lösungen zu beobachten und hat seinen Grund darin, dass die Rückgangs-Geschwindigkeit mit der Affinität der zugesetzten Substanz wächst und daher bei starken Agentien der Vorgang zur Zeit der ersten Ablesung schon völlig beendet ist. Verdünnt man die Basis oder Säure hinreichend, oder wählt man eine an sich schwächere, so bemerkt man nur eine mehr oder minder grosse Beschleunigung des Vorganges, kann aber die Multirotation in ihrem letzten Teile noch ganz gut beobachten. Eine solche Beschleunigung des Verlaufes der Erscheinung hätte auch bei Annahme einer allmählichen Hydrierung durchaus nichts Auffallendes, da man neben vielen anderen z. B. auch in der Inversion des Rohrzuckers ja ein klassisches Vorbild solcher „prädisponierenden" Wirkung bei Hydrierungsprozessen vor Augen hat. Und was die Wärme-Erscheinungen anbetrifft, so sind auch diese mit der Annahme einer Hydratation mindestens eben so gut zu vereinigen wie mit der einer Wasserbindung nebst nachfolgender Wasser-Abspaltung.

Die folgende Untersuchung ist auf Veranlassung von Professor Dr. Jahn zu Berlin angestellt worden. Die leitende Absicht dabei war, den zeitlichen Verlauf des Vorganges nach Zusatz von verschiedenen Substanzen zu beobachten, um durch Vergleichung der Beschleunigungen die Multirotation, ebenso wie es mit der Inversion geschehen, der Bestimmung der Affinitätskoeffizienten dienstbar zu machen.[2])

[1]) Von Hesse z. B. bei Natron konstatiert, s. oben.

[2]) Inzwischen ist von Muller (Compt. rend. 118, 425.) eine Arbeit veröffentlicht, die für mehrere der alten Parcus und Tollens'schen Versuche die Geschwindigkeitskonstante feststellt, aber weder eigene Versuche beibringt, noch den Einfluss von beschleunigenden Agentien misst.

Experimenteller Teil.

Zur Ausführung der Beobachtungen diente ein grosser, vorzüglich funktionierender Halbschatten-Apparat von Schmidt und Haensch, der $^1/_{1000}$ Skalenteile abzulesen gestattete, wobei jeder Skalenteil $^9/_{10}$ wirklichen Kreisgraden entspricht. Die Röhrenlänge betrug stets 8 dm, weil eine kürzere Röhre die Beobachtungsfehler zu stark vergrössert hätte. Freilich involvierten die langen Röhren den Uebelstand, dass mehr als 10prozentige Lösungen überhaupt nicht, und auch minderhaltige bei Zusatz von Salzlösungen oder relativ geringen Trübungen nur schwer sichere Ablesungen erlaubten. Diese Schwierigkeit wurde durch mehrmaliges Filtrieren und Beschränkung auf 2- und 3prozentige Lösungen umgangen. Auch wurde die Helligkeit der Flamme durch Verwendung von Bromnatrium möglichst gesteigert. Eine wenig beachtete, aber immerhin bedeutende Fehlerquelle bei längere Zeit fortgesetzten Beobachtungen mit Natrium- und besonders Bromnatrium-Licht entspringt aus dem häufig nötigen Wechseln der Platinstäbe in der Flamme und der dadurch bedingten, oft beträchtlichen Aenderung des Nullpunktes. Ich suchte dem aus dem Wege zu gehen, indem ich die Flamme nur während der jedesmaligen Ablesung in Brand erhielt, gleich nach jeder Ablesung aber ausdrehte. So war während einer einstündigen Beobachtung, da alle 5 Minuten abgelesen wurde, die Natriumflamme selbst nur ca. 15 Minuten in Brand, sodass ich meistens mit einem Plattenpaar, das unberührt an derselben Stelle der Flamme blieb, auskam; in der That zeigte sich der Nullpunkt am Schluss der ganzen Beobachtung immer unverändert. Die meiste Schwierigkeit erwuchs aus der Nothwendigkeit, die Temperatur während des Versuchs konstant zu halten, da bei der grossen Hitze der verschiedenen Flammen die Zimmer-Temperatur in dem verhältnismässig kleinen Raume stets rasch und beharrlich stieg. Die Röhren waren mit einem Glasmantel umgeben, durch den Wasser von genau zu regulierender Temperatur geschickt wurde; durch den raschen Wechsel der Zimmer-Temperatur wurde es indess in vielen Fällen unmöglich, die Normaltemperatur von 20,0° dauernd aufrecht zu erhalten, jedoch sind die Abweichungen auf 0,2 bis 0,3° beschränkt geblieben. Der konstante Drehungswinkel wurde 24 Stunden später gleichfalls bei 20° bestimmt.

Die benutzte Dextröse war als rein und wasserfrei aus der C. A. F. Kahlbaum'schen Handlung in Berlin bezogen und vor dem Gebrauch ohne Anwendung von Wärme mehrere Monate über Schwefelsäure im Vakuum bis zu konstantem Gewicht getrocknet. Für die Lösungen wurde stets derselbe Glaskolben benutzt, dessen Gewicht jedesmal kontrolliert wurde; auch das Gewicht des entleerten Wägeglases blieb annähernd dasselbe: so war es möglich die gewünschte Konzentration der Lösung fast stets ganz genau zu erhalten. Auf die Innehaltung der Zeit wurde grosse Sorgfalt verwendet; durch längere Uebung am Apparat war ich schliesslich imstande, bei sonst günstigen Bedingungen auf die Sekunde genau richtig einzustellen. Der Nullpunkt und die konstante Drehung wurden durch 7 bis 12 Ablesungen ermittelt. Einen Massstab der Genauigkeit bieten folgende zwei Tabellen, von denen die erste einer besseren, die zweite einer schlechteren Beobachtung entnommen ist:

Tabelle I.
(26. Versuch.)

Nullpunkt 1	Konstante Drehung	Nullpunkt 2
200,279	190,795	200,258
200,278	190,807	200,256
200,278	190,802	200,254
200,276	190,800	200,253
200,276	190,800	200,259
200,281	190,794	200,257
200,280	190,799	200,256
200,277	190,796	200,256
200,278	190,798	200,256
200,277	190,802	Mittel:
Mittel:	190,799	200,256
200,278	190,805	
	Mittel:	
	190,800	

Tabelle II.
(49. Versuch.)

Nullpunkt 1	Konstante Drehung	Nullpunkt 2
201,080	191,517	201,064
201,087	191,516	201,094
201,080	191,539	201,092
201,090	191,526	201,080
201,074	191,517	201,092
201,082	191,510	201,076
201,083	191,504	201,082
201,084	191,510	201,084
201,081	191,517	201,081
		201,075
Mittel:	Mittel:	201,090
201,082	191,517	
		Mittel:
		201,083

Das Verfahren war bei allen Versuchen dasselbe. Zuerst wurden in dem Wägeglase 2 bis 3 g Dextrose abgewogen, dann mittels Pipette die entsprechende Menge Wasser oder Lösung auf der Tarierwage annähernd genau in den Kolben gebracht, endlich dem letzteren durch Absaugen mit Filtrierpapier oder Hinzutropfen auf der chemischen Wage das bestimmte Gewicht gegeben. Inzwischen war das Kühlwasser im Reservoir auf 20^0 gebracht und der Nullpunkt des Apparats bestimmt worden. Dann wurde nach der Uhr die Mischung vorgenommen, drei bis fünf Minuten zur völligen Lösung ge-

schüttelt, zweimal filtriert, in die sorgfältig gereinigte und getrocknete Röhre eingefüllt, die Röhre ans Reservoir angeschlossen und ca. 15 bis 20 Minuten lang das Kühlwasser durchgelassen, ehe die erste Ablesung erfolgte. Nach jeder Ablesung wurde die Temperatur der Röhre notiert und Wasserstand sowie Temperatur im Reservoir kontrolliert und nötigenfalls reguliert. Da jede, auch nur momentane Aenderung der Temperatur die Geschwindigkeit des Vorgangs stark beeinflusste, musste das Kühlwasser die ganze Beobachtungszeit über in ziemlich kräftigem Strome fliessen. Trotz des Filtrierens und grosser Reinheit der verwendeten Substanzen kamen bei vielen Versuchen Trübungen des Gesichtsfeldes vor, die sich aus geringen Verunreinigungen (Filtrierpapierfasern) oder Temperatur-Differenzen erklären. Solche Beobachtungen wurden, wenn die Genauigkeit der Ablesungen beeinträchtigt war, nicht berücksichtigt. Bei einigen Lösungsmitteln, die den Birotations-Rückgang sehr beschleunigen, wie starke Säuren und besonders Natriumacetat, war die Trübung dem schnellen Verlauf der Reaktion zuzuschreiben: das Bild glitt gleichsam an den Augen vorüber, und es war oft fast ausgeschlossen, eine sichere Einstellung im richtigen Augenblick zu erzielen.

In solchen Fällen machte ich jedesmal drei Ablesungen rasch nach einander, wovon die mittlere genau auf die volle Minute fiel, und nahm aus ihnen den Mittelwert; sonst musste stets eine Einstellung genügen, weil sich herausstellte, dass, was durch mehrere Ablesungen an Genauigkeit der Beobachtung gewonnen, reichlich durch die Unsicherheit der Zeit aufgewogen wurde.

Die Berechnung der Geschwindigkeiten geschah mittels der Wilhelmy'schen Formel für Reaktionen ersten Grades, deren Zulässigkeit bei der Birotation Urech nachgewiesen hat. Da es indessen nicht möglich ist, die Anfangsdrehung für den Moment der Lösung zu finden, und der von Urech angenommene Wert ($\alpha = 2{,}1$ der konstanten Drehung φ) nicht zu brauchbaren Resultaten führte, wurde die Gleichung so umgestaltet, dass sie erlaubte, die Geschwindigkeit C zu finden, ohne die Anfangsdrehung α zu kennen. Da $\frac{dx}{dt} = C(A-x)$, $\frac{dx}{A-x} = C \cdot dt$, dem nach $-lg(A-x) = Ct +$ const., — so ist, bei Einsetzung von

$$t = t_1 : -lg(A-x_1) = C \cdot t_1 + \text{const.}$$

$$\text{und } t = t_2 : -lg(A-x_2) = C \cdot t_2 + \text{const.},$$

woraus man durch Subtraktion erhält $lg \frac{A-x_1}{A-x_2} = C.(t_2 - t_1)$.

Nun kann man aber $A - x_1$ und $A - x_2$ leicht finden, wenn man die gesamte reagierende Menge A als Differenz der unbekannten Anfangsdrehung α und der schliesslich noch vorhandenen Drehung φ ansetzt. Denn da die Drehung zur Zeit $t_1 = \beta_1$, ist die dann umgesetzte Menge $x_1 = \alpha - \beta_1$; zur Zeit t_2 ist die Drehung $= \beta_2$, also $x_2 = \alpha - \beta_2$; somit $A - x_1 = \alpha - \varphi - (\alpha - \beta_1)$, d. h. $= \beta_1 - \varphi$ und $A - x_2 = \alpha - \varphi - (\alpha - \beta_2) = \beta_2 - \varphi$ u. s. f. Wir erhalten also folgende Formel:

$$lg \frac{\beta_1 - \varphi}{\beta_2 - \varphi} = C(t_2 - t_1) \text{ und } C = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot lg\, nat \left(\frac{\beta_1 - \varphi}{\beta_2 - \varphi} \right).$$

Natürlich haftet auch dieser Formel eine kleine Unsicherheit in der Bestimmung von t_1 und t_2 an, da die Zeit der Mischung als t_o gesetzt ist, welche durchaus nicht mit der Zeit der Lösung identisch ist. Doch liefert die so gefundene Konstante immerhin bedeutend gleichmässigere Werte, als wenn man die Gleichung $C = \frac{1}{t} lg \left(\frac{A}{A - X} \right)$ mit $A = 2{,}1\ \varphi - \varphi = 1{,}1\ \varphi$ anwendet. In lezterem Falle ist $A - x = \beta - \varphi$. Die folgende Tabelle gehört zum 11. Versuch, der auf beide Arten berechnet ist. Die Logarithmen sind überall briggische, da es ja doch nicht auf die absolute Grösse von C ankommt.

Tabelle III. (11. Versuch.)

Minuten seit der Mischung	Beobachtete Drehung	Temperatur	$\beta - \varphi$	$lg\,(\beta - \varphi)$	$lg \left(\frac{\beta_1 - \varphi}{\beta_2 - \varphi} \right)$	$(t_1 = 15')$	$\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot lg \left(\frac{A - x_1}{A - x_2} \right)$	$lg \left(\frac{1{,}1\ \varphi}{\beta - \varphi} \right)$	$\frac{1}{t} \cdot lg \left(\frac{A}{A - x} \right)$
t	β	T	$A - x$	$lg\,(A - x)$	$lg \frac{A - x_1}{A - x_2}$	$t_2 - t_1$	C_1	$lg \frac{A}{A - x}$	C_2
5	8,916	20,0	4,252	0,62859	—	—	—	0,08156	0,01631
10	8,677	19,9	4,013	0,60347	—	—	—	0,10668	0,01067
15	8,382	20,0	3,718	0,57031	—	0	—	0,13984	0,00932
21	8,092	19,9	3,428	0,53504	0,03527	6	0,00588	0,17511	0,00834
25	7,882	19,9	3,218	0,50759	0,06272	10	0,00627	0,20256	0,00810
30	7,657	19,9	2,993	0,47611	0,09420	15	0,00628	0,23404	0,00780
35	7,461	19,9	2,797	0,44669	0,12362	20	0,00618	0,26346	0,00753
40	7,302	19,9	2,638	0,42127	0,14904	25	0,00596	0,28888	0,00722
45	7,153	20,0	2,489	0,39602	0,17429	30	0,00581	0,31413	0,00698
50	7,028	20,0	2,364	0,37365	0,19666	35	0,00562	0,33650	0,00673
55	6,908	20,0	2,244	0,35102	0,21929	40	0,00548	0,35913	0,00653
60	6,788	20,1	2,124	0,32715	0,24316	45	0,00540	0,38300	0,00639
65	6,646	20,0	1,982	0,29710	0,27321	50	0,00546	0,41305	0,00635

Konstante Drehung $\varphi = 4{,}664$.
$A = 1{,}1\ \varphi = 5{,}1304$; $lg\, A = 0{,}71015$.

Mittelwert: $C_1 = 0{,}00583$.
$C_2 = 0{,}00833$.

Wie man sieht, weichen die beiden Werte für C nicht nur im Mittel ganz bedeutend von einander ab, sondern der nach der umgewandelten Formel berechnete hat auch viel grössere Uebereinstimmung der Einzelwerte als der mit der alten Gleichung gefundene. Ein grosser Vorzug der ersteren Formel ist auch der Umstand, dass man nicht gezwungen ist, sofort nach der Mischung abzulesen. Denn diese Beobachtungen können unmöglich richtige Werte geben, weil die Lösung noch nicht gleichmässige Temperatur hat[1]) und weil erfahrungsgemäs sich gerade beim Beginn einer Reaktion nicht selten Unregelmässigkeiten geltend machen[2]). Die in obiger Tabelle bei C_2 an den ersten Werten bemerkbare grosse Abweichung vom Mittel ist daher auch bei der grössten Genauigkeit und Sicherheit der Beobachtung (die der Versuch, als einer der ersten, noch nicht zeigt) nicht zu vermeiden. Diese Uebelstände werden aber leicht unwirksam, wenn man imstande ist, 20 bis 25 Minuten lang die Lösung sich selbst zu überlassen und erst dann mit der Beobachtung zu beginnen.

Nach diesem Verfahren und mit dieser Berechnungsart wurde zunächst für einfache wässrige Lösungen der Dextrose — auf welche Zuckerart im Interesse der Uebersichtlichkeit die Versuche beschränkt wurden — in verschiedenen Konzentrationen und dann für Dextrose in mehreren Säuren, Basen, Salzlösungen und Aethylalkohol die Geschwindigkeit des Birotations-Rückganges ermittelt, sowie die Beschleunigung resp. Verlangsamung, welche die verschiedenen Substanzen bewirken, festgestellt. Die Normalität resp. der Prozentgehalt dieser Lösungsmittel wurde durch sorgfältiges Abwägen der Bestandteile annähernd genau hergestellt, eventuell durch mehrmaliges Titrieren kontrolliert. Kochsalz, Natriumsulfat und essigsaures Natron kamen wasserfrei zur Anwendung, der Harnstoff wurde zwischen Filtrierpapier abgepresst.

[1]) Bekanntlich entstehen während und nach der Lösung auch innere Wärme-Erscheinungen (s. o.).

[2]) Vgl. Parcus und Tollens, l. c.

1. Wasser und Dextrose.

Tabelle IV.

(1. Versuch.)

Prozentgehalt $p = 2{,}252$

Dichte $d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0074$

Konst. Winkel $\varphi = 10{,}264$

$t_1 = 20'$

Minuten nach der Mischung t'	Drehungswinkel ϑ	Temperatur T^0	$t_2 - t_1$	Reaktions-Geschwindigkeit C
20	19,281	20,0	0	
25	18,665	20,1	5	0,00615
30	17,975	20,2	10	0,00680
35	17,603	20,0	15	0,00596
40	17,093	20,0	20	0,00603
45	16,517	20,0	25	0,00636
50	16,194	20,0	30	0,00607
55	15,983	19,9	35	0,00564
60	15,503	19,8	40	0,00589
65	15,175	19,7	45	0,00586
70	14,893	19,7	50	0,00579
75	14,603	19,7	55	0,00577

Tabelle V.

(2. Versuch.)

$p = 2{,}2454$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}00711$

$\varphi = 10{,}261$

$t_1 = 35'$

t'	ϑ	T	$t_2 - t_1$	C
35	17,630	20,2	0	
40	17,118	20,3	5	0,00627
45	16,547	20,0	10	0,00692
50	16,256	19,9	15	0,00599
55	16,026	19,9	20	0,00535
60	15,583	19,9	25	0,00567
65	15,210	19,7	30	0,00578
70	14,917	19,7	35	0,00572
75	14,621	19,7	40	0,00572

Tabelle VI.

(3. Versuch.)

$p = 5{,}0725$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0180$

$\varphi = 23{,}900$

$t_1 = 25'$

t'	ϑ	T	$t_2 - t_1$	C
25	41,974	20,2	0	
30	40,686	20,3	5	0,00642
35	39,422	20,3	10	0,00664
40	38,696	20,0	15	0,00579
45	37,594	20,0	20	0,00603
50	36,826	19,9	25	0,00582
55	35,724	20,1	30	0,00614
60	35,120	20,0	35	0,00592
65	33,996	20,1	40	0,00632
70	33,596	20,0	45	0,00601
75	32,924	20,0	50	0,00603
80	32,366	20,0	55	0,00599

Tabelle VII.

(4. Versuch.)

$p = 5{,}0084$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}01775$

$\varphi = 23{,}694$

$t_1 = 20'$

t'	ϑ	T	$t_2 - t_1$	C
20	42,306	20,3	0	
33	39,046	20,2	13	0,00643
40	37,660	20,1	20	0,00624
45	36,743	20,1	25	0,00617
52	35,533	20,2	32	0,00614
55	34,750	20,3	35	0,00646
58	34,173	20,3	38	0,00656
60	34,016	20,3	40	0,00640
65	33,097	20,3	45	0,00659
67	32,950	20,3	47	0,00645

Tabelle VIII.

(5. Versuch.)

$p = 4{,}9998$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0173$

$\varphi = 23{,}887$

$t_1 = 25'$

t'	ϑ	T	$t_2 - t_1$	C
25	40,833	19,7	0	
30	39,533	20,0	5	0,00693
35	38,451	20,5	10	0,00658
40	37,308	20,7	15	0,00675
45	36,351	20,7	20	0,00667
50	35,353	20,7	25	0,00679
55	34,520	20,7	30	0,00675
60	33,628	20,6	35	0,00687
65	33,067	20,4	40	0,00665
70	32,373	20,3	45	0,00667
75	31,657	20,2	50	0,00677
80	31,133	20,2	55	0,00671
85	30,684	20,2	60	0,00661

Tabelle IX.

(6. Versuch.)

$p = 4{,}99955$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0173$

$\varphi = 23{,}893$

$t_1 = 25'$

t'	ϑ	T	$t_2 - t_1$	C
25	39,616	20,8	0	
30	38,432	20,8	5	0,00680
35	37,324	20,7	10	0,00684
40	36,232	20,9	15	0,00701
45	35,318	20,8	20	0,00693
50	34,484	20,7	25	0,00686
55	33,785	20,6	30	0,00671
60	33,032	20,6	35	0,00673
65	32,216	20,7	40	0,00690
70	31,550	20,7	45	0,00694
75	30,976	20,7	50	0,00692
80	30,394	20,7	55	0,00697
85	29,951	20,7	60	0,00690

Tabelle X.

(7. Versuch.)

$p = 4{,}9972$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}0173$

$\varphi = 23{,}890$

$t_1 = 30'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
30	38,285	20,8	0	
35	37,340	20,8	5	0,00589
40	36,348	20,6	10	0,00628
45	35,556	20,5	15	0,00608
50	34,509	20,4	20	0,00660
55	33,770	20,3	25	0,00653
60	33,181	20,2	30	0,00634
65	32,514	20,1	35	0,00635
70	31,720	20,1	40	0,00661
75	31,187	20,1	45	0,00655
80	30,576	20,2	50	0,00666
85	30,104	20,2	55	0,00663

Tabelle XI.

(8. Versuch.)

$p = 3{,}506$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}0124$

$\varphi = 16{,}626$

$t_1 = 26'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
26	27,990	20,1	0	
31	27,078	20,4	5	0,00726
36	26,338	20,5	10	0,00682
46	24,934	20,7	20	0,00680
51	24,304	20,8	25	0,00681
56	23,740	20,9	30	0,00678
61	23,195	20,7	35	0,00680
66	22,648	20,7	40	0,00689
71	22,248	20,7	45	0,00679
76	21,796	20,7	50	0,00684
81	21,534	20,6	55	0,00663
86	21,072	20,6	60	0,00679

Tabelle XII.

(9. Versuch.)

$p = 3{,}502$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}0114$

$\varphi = 16{,}692$

$t_1 = 25'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
25	27,865	20,9	0	
30	27,060	20,9	5	0,00649
35	26,159	20,9	10	0,00719
40	25,637	20,8	15	0,00644
45	24,927	20,7	20	0,00662
50	24,369	20,6	25	0,00652
55	23,895	20,5	30	0,00636
60	23,166	20,5	35	0,00677
65	22,797	20,5	40	0,00656
70	22,171	20,5	45	0,00687
75	21,837	20,5	50	0,00674
80	21,470	20,5	55	0,00671
85	21,088	20,5	60	0,00675

Tabelle XIII.

(10. Versuch.)

$p = 0{,}99905$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}00191$

$\varphi = 4{,}637$

$t_1 = 20'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
20	8,348	20,2	0	
25	8,088	20,2	5	0,00631
30	7,857	20,1	10	0,00616
35	7,638	20,1	15	0,00615
40	7,409	20,2	20	0,00633
45	7,217	20,2	25	0,00631
50	7,065	20,2	30	0,00614
55	6,920	20,1	35	0,00603
60	6,682	20,1	40	0,00647
65	6,581	20,1	45	0,00624
70	6,442	20,1	50	0,00626
75	6,261	20,2	55	0,00652
80	6,172	20,2	60	0,00639

Tabelle XIV.

(11. Versuch.)

$p = 0{,}9812$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}00188$

$\varphi = 4{,}664$

$t_1 = 15'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
15	8,382	20,0	0	
21	8,092	19,9	6	0,00588
25	7,882	19,9	10	0,00627
30	7,657	19,9	15	0,00628
35	7,461	19,9	20	0,00618
40	7,302	19,9	25	0,00596
45	7,153	20,0	30	0,00581
50	7,028	20,0	35	0,00562
55	6,908	20,0	40	0,00548
60	6,788	20,1	45	0,00540
65	6,646	20,0	50	0,00546

Tabelle XV.

(12. Versuch.)

$p = 1{,}9381$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}00529$

$\varphi = 9{,}224\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 25'$

t'	ζ	T	$t_1 - t_2$	C
25	15,570	20,4	0	
30	15,170	20,3	5	0,00565
35	14,751	20,2	10	0,00600
40	14,302	20,1	15	0,00645
45	13,986	20,2	20	0,00624
50	13,557	20,4	25	0,00663
55	13,218	20,4	30	0,00670
60	12,965	20,1	35	0,00656
65	12,706	20,0	40	0,00652
70	12,326	20,2	45	0,00691
75	12,094	20,3	50	0,00689
80	11,938	20,0	55	0,00670

Tabelle XVI.
(13. Versuch.)
$p = 2{,}0003$
$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}00544$
$\gamma = 9{,}397\,(20{,}1^{0})$
$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	16,276	20,4	0	
30	15,802	20,3	5	0,00620
35	15,342	20,2	10	0,00634
40	14,939	20,1	15	0,00626
45	14,595	20,0	20	0,00608
50	14,138	20,0	25	0,00647
55	13,927	20,1	30	0,00605
60	13,590	20,1	35	0,00614
65	13,276	20,1	40	0,00622
70	13,066	20,1	45	0,00606
75	12,696	20,0	50	0,00638
80	12,546	19,9	55	0,00617
85	12,322	19,9	60	0,00619
90	12,182	20,0	65	0,00604
95	11,964	20,0	70	0,00612

Tabelle XVII.
(14. Versuch.)
$p = 2{,}1128$
$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}00598$
$\gamma = 9{,}977\,(20{,}0^{0})$
$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	16,475	20,8	0	
31	15,963	20,8	6	0,00594
35	15,575	20,7	10	0,00647
40	15,139	20,6	15	0,00666
45	14,829	20,5	20	0,00634
50	14,460	20,4	25	0,00645
55	14,111	20,3	30	0,00655
60	13,797	20,3	35	0,00659
65	13,429	20,4	40	0,00687
70	13,229	20,2	45	0,00668
75	13,029	19,9	50	0,00656
80	12,785	20,0	55	0,00662
85	12,595	20,1	60	0,00658

Tabelle XVIII.
(15. Versuch.)
$p = 2{,}0052$
$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}00558$
$\gamma = 9{,}497\,(20{,}1^{0})$
$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	15,847	20,0	0	
30	15,393	20,1	5	0,00644
35	14,980	20,2	10	0,00638
40	14,641	20,2	15	0,00610
45	14,247	20,2	20	0,00630
50	13,919	20,2	25	0,00629
55	13,589	20,2	30	0,00618
60	13,291	20,1	35	0,00639
65	13,047	20,1	40	0,00631
70	12,807	20,1	45	0,00629
75	12,590	20,1	50	0,00625
80	12,291	20,1	55	0,00648
85	12,162	20,3	60	0,00628

Tabelle XIX.
Mittelwerte von C (für Dextrose in Wasser)

Versuch	Prozentgehalt	Temperatur	C
1	2,252	19,7 — 20,2	0,00603
2	2,2454	19,7 — 20,3	0,00593
3	5,0725	19,9 — 20,3	0,00610
4	5,0084	20,1 — 20,3	0,00638
5	4,9998	19,7 — 20,7	0,00673
6	4,99955	20,6 — 20,9	0,00688
7	4,9972	20,1 — 20,8	0,00641
8	3,506	20,1 — 20,9	0,00679
9	3,502	20,5 — 20,9	0,00662
10	0,99905	20,1 — 20,2	0,00628
11	0,9812	19,9 — 20,0	0,00583
12	1,9381	20,0 — 20,4	0,00648
13	2,0003	19,9 — 20,4	0,00620
14	2,1128	19,9 — 20,8	0,00653
15	2,0052	20,0 — 20,3	0,00631

Gesamt-Mittel.

I. aus allen Versuchen (bei ca. $20{,}25^{0}$): $C = 0{,}00637$.

II. aus Versuch 1, 2, 3, 10, 11, 13, 15, (bei ca. $20{,}1^{0}$):
$C = 0{,}00610$.

Der Einfluss der Temperatur lässt sich an diesen Tabellen genau verfolgen; so differiert der Mittelwert für einen Temperatur-Unterschied von 0,15° um etwa 5 pCt.

Die Versuche erstrecken sich auf Lösungen von 0,9 bis 5,0 pCt. Zuckergehalt; innerhalb dieser Grenzen erwies sich die Geschwindigkeit des Rückgangs der Multirotation als völlig unabhängig von der Konzentration der Lösungen.

2. Säuren und Dextrose.

A. Essigsäure.

Tabelle XX.

I. $^1/_{50}$ normal.

(16. Versuch.)

$p = 4{,}9968$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0174$

$\varphi = 23{,}867\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 25'$

t'	φ	T	$t_2 - t_1$	C
25	40,786	20,1	0	
30	39,596	20,1	5	0,00633
35	38,533	20,1	10	0,00621
40	37,573	20,0	15	0,00610
45	36,658	20,0	20	0,00607
50	35,523	20,2	25	0,00647
55	34,537	20,3	30	0,00667
60	33,876	20,3	35	0,00651
65	33,129	20,3	40	0,00654
70	32,499	20,3	45	0,00649
75	31,661	20,4	50	0,00673
80	31,023	20,4	55	0,00679

Tabelle XXI.

(17. Versuch.)

$p = 4{,}9992$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0178$

$\varphi = 23{,}896\ (20{,}1^0)$

$t_1 = 30'$

t'	φ	T	$t_2 - t_1$	C
30	39,038	19,9	0	
35	37,918	20,1	5	0,00667
40	36,859	20,2	10	0,00675
45	35,873	20,2	15	0,00679
50	35,104	20,3	20	0,00653
55	34,238	20,3	25	0,00662
60	33,578	20,2	30	0,00647
65	32,806	20,2	35	0,00658
70	32,070	20,3	40	0,00669
75	31,506	20,4	45	0,00664
80	30,948	20,4	50	0,00663
85	30,374	20,4	55	0,00670

Tabelle XXII.

II. $^1/_{10}$ normal.

(18. Versuch.)

$p = 5{,}0011$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}01875$

$\varphi = 23{,}952\ (20{,}3^0)$

$t_1 = 25'$

t'	φ	T	$t_2 - t_1$	C
25	39,830	20,2	0	
30	38,503	20,3	5	0,00758
35	37,316	20,3	10	0,00749
40	36,334	20,3	15	0,00720
45	35,260	20,2	20	0,00737
50	34,332	20,1	25	0,00738
55	33,534	20,1	30	0,00731
60	32,860	20,2	35	0,00717
65	32,100	20,4	40	0,00724
70	31,540	20,4	45	0,00712
75	30,860	20,3	50	0,00723
80	30,404	20,2	55	0,00711
85	29,824	20,1	60	0,00720

Tabelle XXIII. **Tabelle XXIV.** **Tabelle XXV.**

(Essigsäure) II. $^1/_{10}$ normal.

(19. Versuch.)
$p = 5{,}0114$
$d\,^{20}_{4} = 1{,}01809$
$\varphi = 24{,}053\ (20{,}0^0)$
$t_1 = 30'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
30	38,964	20,1	0	
35	37,812	20,1	5	0,00698
40	36,734	20,2	10	0,00704
45	35,744	20,2	15	0,00704
50	34,711	20,2	20	0,00729
55	33,894	20,3	25	0,00722
60	33,116	20,3	30	0,00721
65	32,544	20,4	35	0,00699
70	31,690	20,4	40	0,00726
77	30,844	20,4	47	0,00727
80	30,564	20,4	50	0,00720
85	29,931	20,4	55	0,00735
90	29,500	20,4	60	0,00729

(20. Versuch.)
$p = 3{,}5052$
$d\,^{20}_{4} = 1{,}01252.$
$\varphi = 16{,}755\ (19{,}8^0)$
$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	27,543	20,1	0	
30	26,702	20,2	5	0,00705
35	25,911	20,2	10	0,00712
40	25,253	20,2	15	0,00691
45	24,543	20,2	20	0,00707
50	23,843	20,1	25	0,00729
55	23,399	20,1	30	0,00702
60	22,883	20,1	35	0,00702
65	22,403	20,1	40	0,00702
70	21,906	20,1	45	0,00713
75	21,543	20,1	50	0,00706
80	21,185	20,1	55	0,00702
85	20,843	20,1	60	0,00702

(21. Versuch.)
$p = 3{,}5618$
$d\,^{20}_{4} = 1{,}01265$
$\varphi = 16{,}943$
$t_1 = 30'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
30	27,404	19,7	0	
35	26,537	19,8	5	0,00751
40	25,777	19,9	10	0,00734
45	25,057	19,9	15	0,00735
50	24,373	19,9	20	0,00743
55	24,057	19,8	25	0,00670
60	23,257	19,8	30	0,00731
65	22,857	19,7	35	0,00707
70	22,257	19,7	40	0,00733
75	22,024	19,6	45	0,00697
80	21,757	19,6	50	0,00674
85	21,457	19,6	55	0,00664

Tabelle XXVI.

Mittelwerte von C (für Essigsäure.)

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
16	I. $^1/_{50}$	4,9968	20,0—20,4	0,00645
17	$^1/_{50}$	4,9992	19,9—20,4	0,00664
18	II. $^1/_{10}$	5,0011	20,1—20,4	0,00728
19	$^1/_{10}$	5,0114	20,1—20,4	0,00718
20	$^1/_{10}$	3,5052	20,1—20,2	0,00706
21	$^1/_{10}$	3,5618	19,6—19,9	0,00713

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen (bei ca. 20,2°): I. $C = 0{,}00654$ ($^1/_{50}$ n.)
II. $C = 0{,}00716$ ($^1/_{10}$ n.)

B. Propionsäure

($^1/_{10}$ normal).

Tabelle XXVII.

(22. Versuch.)

p — 2,0004

d_4^{20} 1,00647

z 9,494

t_1 30′

t'	β	T	$\frac{t_2-t_1}{2}$	C
30	15,696	20,4	0	
35	15,237	20,4	5	0,00668
40	14,790	20,3	10	0,00686
45	14,440	20,2	15	0,00655
50	14,115	20,1	20	0,00639
60	13,486	19,9	30	0,00638
65	13,240	19,9	35	0,00626
70	13,005	19,9	40	0,00618
75	12,740	19,9	45	0,00625
80	12,510	20,0	50	0,00626
85	12,290	20,0	55	0,00629

Tabelle XXVIII.

(23. Versuch.)

p — 2,0040

d_4^{20} 1,00684

z 9,512

t_1 — 25′

t'	β	T	$\frac{t_2-t_1}{2}$	C
25	16,132	19,0	0	
30	15,640	19,0	5	0,00671
35	15,240	19,2	10	0,00629
40	14,900	19,4	15	0,00663
45	14,540	19,4	20	0,00647
50	14,160	19,5	25	0,00614
55	13,860	19,6	30	0,00609
60	13,585	19,7	35	0,00603
65	13,280	19,8	40	0,00612
70	13,000	19,9	45	0,00618
75	12,699	20,0	50	0,00635
80	12,486	20,0	55	0,00632
85	12,278	20,0	60	0,00632

Tabelle XXIX.

Mittelwerte von C (für Propionsäure.)

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
22	$^1/_{10}$	2,0004	19,9—20,4	0,00641
23	$^1/_{10}$	2,0040	19,0—20,0	0,00630

Gesamt-Mittel

aus beiden Versuchen (bei ca. 19,8°):

C 0,00636.

C. Schwefelsäure
($^1/_{10}$ normal).

Tabelle XXX.
(24. Versuch).

$p = 3{,}0056$
$d\,^{20}_{4} = 1{,}01194$
$\varphi = 14{,}365$ (20,2°)
$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	20,031	20,0	0	
30	18,931	20,0	5	0,01875
35	18,041	20,0	10	0,01879
40	17,381	19,9	15	0,01826
45	16,719	20,1	20	0,01902
50	16,281	20,1	25	0,01883
55	15,906	20,1	30	0,01885
60	15,693	20,0	35	0,01800
65	15,431	20,0	40	0,01814
70	15,185	20,1	45	0,01865
75	14,995	20,1	50	0,01908
80	14,881	20,1	55	0,01892
85	14,793	20,1	60	0,01869

Tabelle XXXI.
(25. Versuch).

$p = 3{,}0404$
$d\,^{20}_{4} = 1{,}01326$
$\varphi = 14{,}571$ (20,3°)
$t_1 = 30'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
30	18,843	20,2	0	
35	18,007	20,2	5	0,01892
40	17,338	20,2	10	0,01886
45	16,810	20,1	15	0,01871
50	16,378	20,1	20	0,01868
55	16,034	20,1	25	0,01862
60	15,805	20,0	30	0,01798
65	15,556	20,0	35	0,01820
70	15,352	20,0	40	0,01845
75	15,187	20,0	45	0,01869
80	15,047	20,1	50	0,01906
85	14,950	20,1	55	0,01912

Tabelle XXXII.
Mittelwerte von C (für Schwefelsäure).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
24	$^1/_{10}$	3,0056	19,9—20,1	0,01866
25	$^1/_{10}$	3,0404	20,0—20,2	0,01866

Gesamt-Mittel
aus beiden Versuchen (bei ca. 20,0°):
C 0,01866.

D. Salpetersäure

($^1/_{10}$ normal).

Tabelle XXXIII.

(26. Versuch.)

p 2,0013

$d\,\frac{20}{4}$ 1,00886

φ 9,456 (20,0°)

t_1 30′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
30	11,510	20,2	0	
35	11,018	20,2	5	0,02378
40	10,678	20,2	10	0,02255
45	10,402	20,2	15	0,02245
50	10,173	20,2	20	0,02285
55	10,047	20,2	25	0,02164
60	9,912	20,2	30	0,02179
65	9,814	20,1	35	0,02168
70	9,721	20,1	40	0,02223
75	9,631	20,1	45	0,02377
80	9,580	20,1	50	0,02438

Tabelle XXXIV.

(27. Versuch.)

p 3,0019

$d\,\frac{20}{4}$ 1,01305

φ 14,214

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	19,173	20,0	0	
25	18,033	20,0	5	0,02269
30	17,150	20,1	10	0,02276
35	16,481	20,2	15	0,02266
40	15,938	20,3	20	0,02294
45	15,505	20,3	25	0,02337
50	15,213	20,3	30	0,02319
55	14,981	20,3	35	0,02316
60	14,775	20,3	40	0,02366
65	14,713	20,1	45	0,02216

Tabelle XXXV.

Mittelwerte von C (für Salpetersäure).

Versuch.	Normal.	Prozentgehalt.	Temperatur.	C
26	$^1/_{10}$	2,0013	20,1—20,2	0,02271
27	$^1/_{10}$	3,0019	20,0—20,3	0,02295

Gesamt-Mittel

aus beiden Versuchen (bei ca. 20,1°):

C 0,02283.

E. Salzsäure.

Tabelle XXXVI.

(28. Versuch.)

p 2,0033

$d\,\frac{20}{4}$ 1,00631

ζ 9,527

t_1 25′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
25	14,547	20,3	0	
30	14,019	20,3	5	0,00965
35	13,550	20,3	10	0,00962
40	13,121	20,3	15	0,00967
45	12,689	20,4	20	0,01003
50	12,356	20,4	25	0,00996
55	12,071	20,4	30	0,00984
60	11,761	20,4	35	0,01005
65	11,555	20,4	40	0,00984
70	11,307	20,4	45	0,01000
75	11,111	20,5	50	0,01001
80	10,959	20,5	55	0,00990
85	10,791	20,5	60	0,00998

Tabelle XXXVII.

I. $^1/_{50}$ normal.

(29. Versuch.)

p 1,9996

$d\,\frac{20}{4}$ 1,00625

ζ 9,520

t_1 30′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
30	14,022	20,4	0	
35	13,512	20,3	5	0.01044
40	13,097	20,1	10	0,00999
45	12,655	20,0	15	0,01048
50	12,353	20,0	20	0,01006
55	12,057	20,0	25	0,00996
60	11,779	20,0	30	0,00998
65	11,564	20,1	35	0,00979
70	11,312	20,2	40	0,01000
75	11,162	20,2	45	0,00973
80	10,954	20,2	50	0,00994
85	10,786	20,2	55	0,01002

Tabelle XXXVIII.

(30. Versuch.)

p 3,0011

$d\,\frac{20}{4}$ 1,0103

ζ 14,191

t_1 30′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
30	21,499	20,2	0	
35	20,706	20,3	5	0,00998
40	20,074	20,1	10	0,00942
45	19,498	20,0	15	0,00926
50	18,958	20,0	20	0,00928
55	18,431	20,0	25	0,00946
60	17,974	20,1	30	0,00953
65	17,574	20,1	35	0 00957
70	17,246	20,1	40	0,00947
75	16,966	20,1	45	0,00934
80	16,649	20,1	50	0,00946
85	16,384	20,1	55	0,00950

Tabelle XXXIX.

I. $^1/_{50}$ normal.

(31. Versuch.)

p 3,0009

$d\,\frac{20}{4}$ 1,0101

ζ 14,192 (20,5°)

t_1 25′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
25	22,353	19,5	0	
30	21,516	19,7	5	0,00940
35	20,728	19,9	10	0,00964
40	20,116	19,8	15	0,00927
45	19,487	20,0	20	0,00939
50	18,950	20,0	25	0,00937
55	18,438	20,0	30	0,00946
60	17,979	20,1	35	0,00953
65	17,586	20,1	40	0,00952
70	17,314	20,1	45	0,00927
75	16,936	20,2	50	0,00947
80	16,638	20,2	55	0,00951
85	16,374	20,2	60	0,00955

Tabelle XL.

II. $^1/_{10}$ normal.

(32. Versuch.)

p 3,0067

$d\,\frac{20}{4}$ 1,0120

ζ 14,382 (20,2°)

t_1 25′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
25	18,795	19,8	0	
30	17,768	20,0	5	0,02301
35	17,038	20,0	10	0,02296
40	16,409	20,0	15	0,02252
45	15,928	20,0	20	0,02278
50	15,509	20,1	25	0,02371
55	15,274	20,2	30	0,02315
60	15,049	20,2	35	0,02344
65	14,874	20,2	40	0,02382
70	14,764	20,2	45	0,02361
75	14,679	20,2	50	0,02344

Tabelle XLI.

(33. Versuch.)

p 3,0031

$d\,\frac{20}{4}$ 1,01182

ζ 14,243 (20,0°)

t_1 30′

t'	ζ	T	t_2-t_1	C
30	17,788	20,2	0	
35	16,976	20,2	5	0,02259
40	16,273	20,2	10	0,02421
45	15,913	20,2	15	0,02180
50	15,523	20,2	20	0,02212
55	15,203	20,2	25	0,02270
60	15,023	20,2	30	0,02191
65	14,838	20,2	35	0,02215
70	14,673	20,3	40	0,02290
75	14,523	20,3	45	0,02449

Tabelle XLII.

Mittelwerte von C (für Salzsäure).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
28	I. $^1/_{50}$	2,0033	20,3—20,5	0,00998
29	$^1/_{50}$	1,9996	20,0—20,4	0,01003
30	$^1/_{50}$	3,0011	20,0—20,3	0,00948
31	$^1/_{50}$	3,0009	19,5—20,2	0,00945
32	II. $^1/_{10}$	3,0067	19,8—20,2	0,02324
33	$^1/_{10}$	3,0031	20,2—20,3	0,02276

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen.

I. $^1/_{50}$ n. (bei ca. 20,15°): C 0,00971.

II. $^1/_{10}$ n. (bei ca. 20,25°): C 0,02300.

F. Chloressigsäure.

Tabelle XLIII.

I. $^1/_{10}$ normal.

(34. Versuch.)

p 2,0018.

$d\,\frac{20}{4}$ 1,00875

φ 9,502 (20,0°)

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	15,042	19,8	0	
25	14,463	19,8	5	0,00959
30	13,954	19,8	10	0,00950
35	13,480	19,9	15	0,00959
40	13,092	19,9	20	0,00942
45	12,764	20,0	25	0,00920
50	12,382	20,0	30	0,00947
55	12,054	20,0	35	0,00962
60	11,854	20,0	40	0,00930
65	11,620	20,0	45	0,00928
70	11,442	19,5	50	0,00911
75	11,177	20,1	55	0,00945
80	10,978	20,1	60	0,00957

Tabelle XLIV.

(35. Versuch.)

p 1,9998

$d\,\frac{20}{4}$ 1,00863

φ 9,510 (20,1°)

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	15,298	20,2	0	
25	14,634	20,3	5	0,01058
30	13,997	20,3	10	0,01106
35	13,490	20,3	15	0,01084
40	13,035	20,4	20	0,01077
45	12,660	20,4	25	0,01057
50	12,274	20,5	30	0,01069
55	11,924	20,6	35	0,01085
60	11,735	20,5	40	0,01038
65	11,410	20,4	45	0,01075
70	11,280	20,5	50	0,01029
75	11,065	20,6	55	0,01038
80	10,832	20,7	60	0,01069

F. Chloressigsäure.

Tabelle XLV.

II. $^1/_5$ normal.

(36. Versuch.)

p 1,9970

$d\,^{20}_{4}$ 1,0117

φ 9,550 (20,0°)

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	14,741	20,4	0	
25	14,050	20,5	5	0,01241
30	13,447	20,5	10	0,01245
35	12,940	20,2	15	0,01234
40	12,454	20,2	20	0,01261
45	12,101	20,2	25	0,01234
50	11,790	20,3	30	0,01217
55	11,506	20,3	35	0,01211
60	11,246	20,3	40	0,01214
65	11,060	20,2	45	0,01191
70	10,883	20,2	50	0,01181
75	10,696	20,2	55	0,01193
80	10,539	20,2	60	0,01200

Tabelle XLVI.

(37. Versuch.)

p 2,0023

$d\,^{20}_{4}$ 1,0117

φ 9,564 (20,0°)

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	14,698	20,0	0	
25	14,060	20,0	5	0,01153
30	13,531	20,0	10	0,01120
35	13,056	20,0	15	0,01116
40	12,633	20,0	20	0,91117
45	12,228	20,1	25	0,01139
50	11,818	20,1	30	0,01191
55	11,591	20,1	35	0,01153
60	11,351	20,0	40	0,01146
65	11,148	20,0	45	0,01135
70	10,962	20,0	50	0,01130
75	10,787	20,1	55	0,01132
80	10,603	20,1	60	0,01156

Tabelle XLVII.

Mittelwerte von C (für Chloressigsäure).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
34	I. $^1/_{10}$	2,0018	19,5—20,1	0,00943
35	$^1/_{10}$	1,9998	20,2—20,7	0,01065
36	II. $^1/_5$	1,9970	20,2—20,5	0,01218
37	$^1/_5$	2,0023	20,0—20,1	0,01141

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen:

I. $^1/_{10}$ n. (bei ca. 20,25°): C = 0,01004.

II. $^1/_5$ n. (bei ca. 20,4°): C = 0,01179.

G. Dichloressigsäure.

Tabelle XLVIII.

I. $^1/_{10}$ normal.

(38. Versuch.)

p 2,0048

d_4^{20} 1,01084

φ 9,456 (20,0°)

t_1 20′

t'	ζ	T	$t_2 - t_1$	C
20	13,798	20,0	0	
25	13,038	20,0	5	0,01671
30	12,374	20,1	10	0,01726
35	11,883	20,1	15	0,01684
40	11,413	20,2	20	0,01730
45	11,083	20,2	25	0,01705
50	10,841	20,3	30	0,01654
55	10,543	20,3	35	0,01718
60	10,437	20,0	40	0,01615
65	10,269	20,0	45	0,01617
70	10,128	20,0	50	0,01621
75	10,026	20,0	55	0,01603

Tabelle XLIX.

(39. Versuch.)

p 1,9966

d_4^{20} 1,01080

φ 9,458 (20,2°)

t_1 20′

t'	ζ	T	$t_2 - t_1$	C
20	13,803	20,1	0	
25	13,045	20,2	5	0,01665
30	12,388	20,2	10	0,01711
35	11,889	20,2	15	0,01681
40	11,422	20,2	20	0,01724
45	11,100	20,2	25	0,01690
50	10,873	20,3	30	0,01624
55	10,605	20,3	35	0,01652
60	10,402	20,3	40	0,01658
65	10,260	20,3	45	0,01631

Tabelle L.

II. $^1/_{20}$ normal.

(40. Versuch.)

p 1,9994

d_4^{20} 1,00790

φ 9,437 (20,0°)

t_1 20′

t'	ζ	T	$t_2 - t_1$	C
20	14,076	19,9	0	
25	13,508	20,0	5	0,01134
30	13,000	20,1	10	0,01146
35	12,566	20,0	15	0,01140
40	12,140	20,0	20	0,01173
45	11,830	20,0	25	0,01150
50	11,555	20,0	30	0,01135
55	11,313	20,0	35	0,01123
60	11,120	20,0	40	0,01101
65	10,861	20,0	45	0,01139

Tabelle LI.

(41. Versuch.)

p 2,0008

d_4^{20} 1,00793

φ 9,476 (20,1°)

t_1 20′

t'	ζ	T	$t_2 - t_1$	C
20	14,122	20,0	0	
25	13,522	20,0	5	0,01201
30	13,027	20,0	10	0,01167
35	12,534	20,3	15	0,01211
40	12,116	20,1	20	0,01227
45	11,776	20,2	25	0,01221
50	11,516	20,2	30	0,01191
55	11,187	20,3	35	0,01239
60	10,922	20,3	40	0,01267
65	10,716	20,1	45	0,01275
70	10,562	20,1	50	0,01262
75	10,442	20,1	55	0,01240
80	10,320	20,0	60	0,01235

Tabelle LII.

Mittelwerte von C (für Dichloressigsäure).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
38	I. $^1/_{10}$	2,0048	20,0—20,3	0,01668
39	$^1/_{10}$	1,9966	20,1—20,3	0,01671
40	II. $^1/_{20}$	1,9994	19,9—20,1	0,01138
41	$^1/_{20}$	2,0008	20,0—20,3	0,01228

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen:

I. $^1/_{10}$ n. (bei ca. 20,2°): C = 0,01670.

II. $^1/_{20}$ n. (bei ca. 20,1°): C = 0,01183.

H. Trichloressigsäure.

Tabelle LIII.

I. $^1/_{10}$ normal.

(42. Versuch.)

p 2,0084

$d\,^{20}_{4}$ 1,0120

φ 9,605 (20,1°)

t_1 20°

t'	β	T	t_2-t_1	C
20	12,375	20,2	0	
25	11,701	20,3	5	0,02422
30	11,206	20,2	10	0,02381
35	10,806	20,2	15	0,02420
40	10,517	20,2	20	0,02412
45	10,310	20,3	25	0,02377
50	10,176	19,9	30	0,02286
55	10,015	19,8	35	0,02371
60	9,941	20,1	40	0,02290
65	9,870	20,2	45	0,02264
70	9,825	20,2	50	0,02200

Tabelle LIV.

(43. Versuch.)

p 2,00005

$d\,^{20}_{4}$ 1,0130

φ 9,554 (20,0°)

t_1 20°

t'	β	T	t_2-t_1	C
20	12,613	20,2	0	
25	11,900	20,3	5	0,02305
30	11,363	20,3	10	0,02281
35	10,951	20,3	15	0,02269
40	10,585	20,3	20	0,02362
45	10,397	20,4	25	0,02239
50	10,195	20,2	30	0,02262
55	10,028	20,3	35	0,02314
60	9,901	20,3	40	0,02363
65	9,807	20,4	45	0,02405
70	9,771	20,4	50	0,02298

H. Trichloressigsäure.

Tabelle LV.

II. $^1/_{20}$ normal.

(44. Versuch.)

p 2,0001

$d\,^{20}_{4}$ 1,00919

φ 9,438 (20,1°)

t_1 = 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	13,776	20,1	0	
25	13,076	20,1	5	0,01529
30	12,529	20,1	10	0,01472
35	12,047	20,1	15	0,01472
40	11,613	20,2	20	0,01499
45	11,254	20,3	25	0,01513
50	10,995	20,3	30	0,01483
55	10,705	20,3	35	0,01527
60	10,503	20,3	40	0,01525
65	10,378	20,2	45	0,01476
70	10,221	20,2	50	0,01487
75	10,088	20,2	55	0,01499
80	9,989	20,2	60	0,01494

Tabelle LVI.

(45. Versuch.)

p 2,0006

$d\,^{20}_{4}$ 1,0090

φ 9,483 (20,2°)

t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	13,240	20,3	0	
25	12,666	20,3	5	0,01440
30	12,142	20,4	10	0,01501
35	11,756	20,4	15	0,01455
40	11,370	20,4	20	0,01495
45	11,030	20,5	25	0,01541
50	10,777	20,5	30	0,01543
55	10,550	20,6	35	0,01562
60	10,382	20,5	40	0,01553
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
75	10,008	20,5	55	0,01554
80	9,920	20,5	60	0,01557

Tabelle LVII.

Mittelwerte von C (für Trichloressigsäure).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
42	I. $^1/_{10}$	2,0084	19,8—20,3	0,02342
43	$^1/_{10}$	2,00005	20,2—20,4	0,02309
44	II. $^1/_{20}$	2,0001	20,1—20,3	0,01498
45	$^1/_{20}$	2,0006	20,3—20,6	1,01520

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen:

I. $^1/_{10}$ n. (bei ca. 20,25°): C 0,02325.

II. $^1/_{20}$ n. (bei ca. 20,35°): C 0,01509.

Die Geschwindigkeit des Rückgangs ist nicht nur von der Natur der Säure, sondern auch von ihrer Konzentration abhängig. Noch deutlicher tritt das hervor, wenn man durch Subtraktion der für Wasser erhaltenen Geschwindigkeit die durch die Säuren herbeigeführten Beschleunigungen berechnet und vergleicht.

Tabelle LVIII.

Beschleunigung durch Säuren.

Substanz	Normal	Geschwindigkeit[1])	Temperatur im Mittel	Beschleunigung[1])
1. Wasser:		610	20,1	—
		637	20,25	—
2. Säuren:				
A. Essigsäure	$^1/_{50}$	654	20,2	+ 17
	$^1/_{10}$	716	20,2	79
B. Propionsäure . . .	$^1/_{10}$	636	19,8	26
		(641)	(20,15)	(31)
C. Schwefelsäure . .	$^1/_{10}$	1866	20,0	1256
D. Salpetersäure . . .	$^1/_{10}$	2283	20,1	1673
E. Salzsäure	$^1/_{50}$	971	20,15	361
	$^1/_{10}$	2300	20,25	1690
F. Monochloressigsäure	$^1/_{10}$	1004	20,25	367
	$^1/_{5}$	1179	20,4	542
		(1141)	(20,05)	(531)
G. Dichloressigsäure .	$^1/_{10}$	1670	20,2	1033
	$^1/_{20}$	1183	20,1	573
H. Trichloressigsäure .	$^1/_{10}$	2325	20,25	1688
	$^1/_{20}$	1509	20,35	872
		(1498)	(20,2)	(861)

Die Beschleunigung des Birotations-Rückganges ist also offenbar von der Konzentration der Säure abhängig, d. h. die Konzentration der Wasserstoff-Ionen wird auf die Beschleunigung von entscheidendem Einfluss sein. Somit müsste die Beschleunigung des Multirotations-Rückganges ein Mass der Affinitäts-

[1]) Zur Vermeidung von Nullen mit 100,000 multipliziert.

grösse abgeben, in derselben Weise, wie Inversion des Rohrzuckers, Katalyse des Methylacetats und elektrische Leitfähigkeiten. In der That erhält man, wenn man die Säuren nach der Grösse ihrer Rückgangsbeschleunigung ordnet, dieselbe Reihenfolge wie bei der Anordnung nach der Höhe der Affinitätskoeffizienten. Bezieht man die Zahlen für die Beschleunigung auf die für Salzsäure gefundenen, so findet man auch einen zahlenmässigen Ausdruck für die relative Beschleunigung durch die verschiedenen Säuren:

Tabelle LIX.

Zusammenstellung der Säuren nach ihrer relativen Beschleunigung.

Säure	Normal	Beschleunigung[1]	Relative Beschleunigung		
			$^1/_{10}$ n. Salzsäure 1	$^1/_{50}$ HCl 1	Mittel[2]
1. Salzsäure . . .	$^1/_{50}$	361	0,21360	1,00000	100
	$^1/_{10}$	1690	1,00000	4,68100	
2. Salpetersäure . .	$^1/_{10}$	1673	0,98990	4,63400	98,99
3. Trichloressigsäure	$^1/_{10}$	1688	0,99880	4,67600	96,67
	$^1/_{20}$	872	0,51600	2,41550	
	($^1/_{20}$)	(861)	(0,50946)	(2,38500)	
4. Schwefelsäure . .	$^1/_{10}$	1256	0,74320	3,47900	71,95
5. Dichloressigsäure .	$^1/_{10}$	1033	0,61124	2,86150	62,413
	$^1/_{20}$	573	0,33905	1,58720	
6. Monochloressigsäure	$^1/_{10}$	367	0,21716	1,01660	17,253
	$^1/_{5}$	542	0,32070	1,50140	
	($^1/_{5}$)	(531)	(0,31420)	(1,47100)	
7. Essigsäure . . .	$^1/_{50}$	17	0,01006	0,04709	4,697
	$^1/_{10}$	79	0,04675	0,21883	
8. Propionsäure . .	$^1/_{10}$	26	0,01538	0,07202	1,632
	($^1/_{10}$)	(31)	(0,01834)	(0,08587)	

Diese Zahlenwerte der relativen Beschleunigung des Multirotations-Rückgangs müssten auch absolut mit den auf anderen Wegen gefundenen Affinitätskoeffizienten der Säuren überein-

[1]) Mit 100 000 multipliziert.
[2]) Mit 100 multipliziert und auf $^1/_{10}$ normal reduziert.

stimmen; indess kann bei den verhältnismässig beträchtlichen Fehlern ein solches Resultat nicht erwartet werden. In der nachfolgenden vergleichenden Uebersicht der Affinitätskoeffizienten zeigen sich denn auch, besonders bei den schwächeren Säuren, erhebliche Abweichungen:

Tabelle LX.

Vergleichende Uebersicht der Affinitätskoeffizienten.

Säure	Multirotations-Rückg.-Beschleunig. [1]	Elektr. Leitvermögen [2]	Katalyse des Methylacetats	Inversion des Rohrzuckers
Salzsäure (= 100) . .	100	100	100	100
Salpetersäure	98,99	99,6	91	100
Trichloressigsäure . . .	96,67	62,3	68,2	75,4
Schwefelsäure	71,95	65,1	73,9	73,2
Dichloressigsäure . . .	62,413	25,3	23,0	27,1
Monochloressigsäure . .	17,253	4,9	4,3	4,84
Essigsäure	4,697	1,424	0,345	0,4
Propionsäure	1,632	0,325	0,304	

Kommen also die absoluten Werte der Beschleunigung nicht in Betracht, so ging doch aus den Versuchen der Einfluss des Dissoziationsgrades auf die Beschleunigung des Rückganges der Multirotation unverkennbar hervor. In diesem Falle musste aber Alles, was den Dissoziationszustand des Wassers herabzudrücken geeignet ist, die Geschwindigkeit der Reaktion verringern, d. h. den Multirotations-Rückgang verlangsamen.

Es wurden zunächst Versuche mit verdünntem Alkohol gemacht.

[1] Auf $^1/_{10}$ n. reduziert, im Mittelwert.
[2] Für $^1/_1$ n. Lösungen.

3. Alkohol und Dextrose.

Tabelle LXI.

I. $^1/_{10}$ normal.

(46. Versuch.)

$p = 2{,}0037$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}00521$

$\varphi = 9{,}429$ (20,2°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,451	20,0	0	
25	16,031	20,0	5	0,00536
30	15,639	20,1	10	0,00534
35	15,246	20,0	15	0,00545
40	14,893	19,9	20	0,00561
45	14,513	19,8	25	0,00553
50	14,221	19,8	30	0,00554
55	13,923	19,8	35	0,00545
60	13,643	19,8	40	0,00553
65	13,276	20,0	45	0,00580
70	13,049	20,0	50	0,00575
75	12,871	20,0	55	0,00563

Tabelle LXII.

(47. Versuch.)

$p = 1{,}99986$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}00514$

$\varphi = 9{,}488$ (20,3°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,450	20,0	0	
25	16,029	20,0	5	0,00542
30	15,643	19,9	10	0,00535
35	15,263	20,0	15	0,00541
40	14,844	20,1	20	0,00569
45	14,500	20,1	25	0,00571
50	14,190	20,1	30	0,00568
55	13,828	20,1	35	0,00586
60	13,648	20,0	40	0,00559
65	13,422	20,0	45	0,00451
70	13,171	20,0	50	0,00553
75	12,957	20,0	55	0,00550

Tabelle LXIII.

II. $^1/_5$ normal.

(48. Versuch.)

$p = 2{,}0003$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0042$

$\varphi = 9{,}461$ (19,9°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,850	20,2	0	
25	16,411	20,0	5	0,00532
30	16,011	20,0	10	0,00523
35	15,622	20,0	15	0,00526
40	15,263	20,0	20	0,00525
45	14,925	20,0	25	0,00524
50	14,623	20,0	30	0,00519
55	14,301	20,0	35	0,00525
60	14,038	20,1	40	0,00520
65	13,723	20,1	45	0,00531
70	13,531	20,1	50	0,00518
75	13,285	20,1	55	0,00520
80	13,038	20,1	60	0,00525

Tabelle LXIV.

(49. Versuch.)

$p = 1{,}9993$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0041$

$\varphi = 9{,}473$ (20,0°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16.758	19,9	0	
25	16,358	19.8	5	0,00491
30	15,948	19,8	10	0,00512
35	15,563	19,9	15	0,00519
40	15,158	20,0	20	0,00539
45	14,882	20,0	25	0,00517
50	14,563	20,0	30	0,00519
55	14,233	20,0	35	0,00528
60	13,965	20,0	40	0,00525

Tabelle LXV.

III. $^1/_1$ normal.

(50. Versuch.)

$p = 2{,}003$

$d\,^{20}_{4}$ 0,99784

$\varphi = 9{,}490$ (20,2)

$t_1 = 20°$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,538	20,0	0	
25	16,140	20,0	5	0,00505
30	15,724	20,0	10	0,00533
35	15,488	20,2	15	0,00467
40	15,208	20,2	20	0,00454
45	14,724	20,2	25	0,00517
50	14,459	20,2	30	0,00506
55	14,174	20,1	35	0,00507
60	13,849	20,1	40	0,00521
65	13,603	20,1	45	0,00519
70	13,271	20,1	50	0,00541
75	13,124	20,1	55	0,00523
80	12,944	20,2	60	0,00516

Tabelle LXVI.

(51. Versuch.)

$p = 1{,}9996$

$d\,^{20}_{4}$ 0,99774

$\varphi = 9{,}505$ (20,4°)

$t_1 = 20°$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,490	20,1	0	
25	16,091	20,1	5	0,00511
30	15,720	20,1	10	0,00507
35	15,364	20,1	15	0,00509
40	15,020	20,1	20	0,00513
45	14,713	20,1	25	0,00510
50	14,422	20,1	30	0,00508
55	14,143	20,1	35	0,00508
60	13,863	20,1	40	0,00512
65	13,653	20,1	45	0,00503
70	13,365	20,2	50	0,00515
75	13,153	20,2	55	0,00513
80	12,972	20,1	60	0,00507

Tabelle LXVII.

Mittelwerte von C (für Alkohol).

Versuch	Normal	Prozentgehalt	Temperatur	C
46	I. $^1/_{10}$	2,0037	19,8—20,1	0,00554
47	$^1/_{10}$	1,99986	19,9—20,1	0,00557
48	II. $^1/_5$	2,0003	20,0—20,2	0,00524
49	$^1/_5$	1,9993	19,8—20,0	0,00518
50	III. $^1/_1$	2,003	20,0—20,2	0,00509
51	$^1/_1$	1,9996	20,1—20,2	0,00510

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen:

I. $^1/_{10}$ n. (bei ca. 20,0°): $C = 0{,}00555$.

II. $^1/_5$ n. (bei ca. 20,0°): $C = 0{,}00521$.

III. $^1/_1$ n. (bei ca. 20,1°): $C = 0{,}00510$.

Wirklich zeigt sich also am Äthylalkohol die Vermuthung bestätigt, die Geschwindigkeit des Rückgangs wird kleiner,[1]) und zwar tritt diese Verzögerung um so energischer hervor, je mehr Alkohol man dem Wasser beigefügt hat. Die Stärke der Verlangsamung ist aus folgender Aufstellung ersichtlich:

Tabelle LXVIII. (Verlangsamung durch Alkohol).

Alkohol	Geschwindigkeit[2])	Mittlere Temperatur	Verlangsamung
$^1/_{10}$ normal	555	20,0	55
$^1/_5$ normal	521	20,0	89
$^1/_1$ normal	510	20,1	100

Einen gleichen herabdrückenden Einfluss auf den Dissoziationszustand des Wassers üben aufgelöste Salze aus. Bei Kochsalz zeigte sich denn auch eine Verlangsamung des Rückgangs der Multirotation und zwar auch wieder in einem um so stärkeren Masse, je konzentrierter die Kochsalzlösung war.

4. Salzlösungen und Dextrose.

A. Kochsalz.

I. 10prozentig.

Tabelle LXIX. (52. Versuch).

$p = 1{,}936$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0769$

$z = 9{,}675$ (20,2°)

$t_1 = 20'$

t'	ζ	T	$\frac{t_2 - t_1}{t_2}$	C
20	17,727	20,1	0	
25	17,242	20,1	5	0,00539
30	16,766	20,1	10	0,00551
35	16,403	20,1	15	0,00520
40	16,042	20,1	20	0,00510
45	15,636	20,1	25	0,00522
50	15,242	20,1	30	0,00534
55	14,984	20,1	35	0,00517
60	14,642	20,1	40	0,00524
65	14,179	20,1	45	0,00560
70	14,044	20,1	50	0,00531
75	13,589	20,1	55	0,00569
80	13,390	20,1	60	0,00559
90	13,042	20,1	70	0,00541

Tabelle LXX. (53. Versuch).

$p = 2{,}0085$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0776$

$z = 10{,}026$ (20,1°)

$t_1 = 25'$

t'	ζ	T	$\frac{t_2 - t_1}{t_2}$	C
25	17,639	19,8	0	
30	17,199	19,8	5	0,00517
35	16,777	19,8	10	0,00522
40	16,397	19,8	15	0,00516
45	16,039	19,8	20	0,00512
50	15,639	19,8	25	0,00529
55	15,239	19,8	30	0,00548
60	14,985	19,8	35	0,00532
65	14,639	19,9	40	0,00544
70	14,317	19,9	45	0,00553
75	14,168	19,9	50	0,00529
80	13,956	19,9	55	0,00522

[1]) Auch Methylalkohol hat nach Dubrunfaut hemmenden Einfluss. (Compt. rend. 42, S. 228, Note). [2]) Mit 100 000 multipliziert.

Tabelle LXXI.

II. 5 prozentig.

(54. Versuch.)

$p = 1{,}9991$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0412$

$\varphi = 9{,}735\ (20{,}1^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	17,236	20,1	0	
25	16,763	20,1	5	0,00566
30	16,279	20,1	10	0,00592
35	15,914	20,1	15	0,00561
40	15,482	20,1	20	0,00578
45	15,194	20,1	25	0,00552
50	14,866	20,1	30	0,00549
55	14,456	20,1	35	0,00574
60	14,084	20,2	40	0,00591
65	13,751	20,2	45	0,00603
70	13,518	20,2	50	0,00594
75	13,194	20,2	55	0,00611
80	12,994	20,2	60	0,00603

Tabelle LXXII.

(55. Versuch.)

$p = 2{,}0033$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0413$

$\varphi = 9{,}730\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	17,425	20,4	0	
25	16,969	20,3	5	0,00531
30	16,490	20,1	10	0,00563
35	16,067	20,0	15	0,00562
40	15,480	20,0	20	0,00633
45	15,266	20,0	25	0,00572
50	14,974	20,0	30	0,00555
55	14,358	20,0	35	0,00631
60	14,079	20,0	40	0,00619
65	13,814	20,0	45	0,00611
70	13,595	20,0	50	0,00598
75	13,306	20,0	55	0,00605
80	13,025	20,0	60	0,00614

Tabelle LXXIII.

Mittelwerte von C (für Kochsalzlösung).

Versuch	Prozentgehalt an *Na Cl*	Dextrose	Temperatur	C
52	I. 10%	1,9360	20,1°	0,00537
53	10%	2,0085	19,8—19,9	0,00529
54	II. 5%	1,9991	20,1—20,2	0,00581
55	5%	2,0033	20,0—20,4	0,00591

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen:

I. (10% *Na Cl*) bei ca. 20,0°: $C = 0{,}00533$.

II. (5% *Na Cl*) bei ca. 20,2°: $C = 0{,}00586$.

Die Verlangsamung betrug:

Tabelle LXXIV.

(Verlangsamung durch Kochsalz.)

Kochsalz	Geschwindigkeit [1])	Mittlere Temperatur	Verlangsamung
10 %	533	20,0	77
5 %	586	20,2	51

Natriumsulfat zeigte das zunächst überraschende Ergebnis, dass das Salz die Abnahme der Drehung beschleunigt.

B. Natriumsulfat.

Tabelle LXXV. **Tabelle LXXVI.**

I. 10prozentig.

(56. Versuch.)

$p = 1{,}9997$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0980$

$\varphi = 10{,}182\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	17,783	19,8	0	
25	17,074	19,8	5	0,00850
30	16,428	19,8	10	0,00853
35	15,883	19,8	15	0,00833
40	15,383	19,8	20	0,00824
45	14,939	19,9	25	0,00814
50	14,443	19,9	30	0,00838
55	14,083	19,9	35	0,00828
60	13,747	19,9	40	0,00822
65	13,385	19,9	45	0,00834
70	13,033	19,9	50	0,00852

(57. Versuch.)

$p = 1{,}9990$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}09784$

$\varphi = 10{,}179\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	16,748	20,0	0	
30	16,150	20,0	5	0,00829
35	15,548	20,1	10	0,00876
30	15,048	20,1	15	0,00867
45	14,569	20,1	20	0,00875
40	14,160	20,1	25	0,00870
55	13,820	20,1	30	0,00854
50	13,533	20,0	35	0,00834
65	13,198	20,0	40	0,00844
60	12,965	20,0	45	0,00828
75	12,648	20,0	50	0,00849

[1]) Mit 100 000 multipliziert.

Tabelle LXXVII.

II. 5 prozentig.

(58. Versuch.)

$p = 2{,}0068$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}0455$

$\varphi = 9{,}826\ (20{,}1^0)$

$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	16,502	20,2	0	
30	15,920	20,2	5	0,00792
35	15,375	20,2	10	0,00803
40	14,892	20,2	15	0,00799
45	14,451	20,2	20	0,00797
50	14,017	20,3	25	0,00809
55	13,665	20,3	30	0,00801
60	13,310	20,3	35	0,00807
65	12,989	20,3	40	0,00811
70	12,774	20,3	45	0,00789
75	12,472	20,3	50	0,00804

Tabelle LXXVIII.

(59. Versuch.)

$p = 2{,}0027$

$d\,\frac{20}{4} = 1{,}0456$

$\varphi = 9{,}780\ (19{,}9^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,877	20,1	0	
25	16,495	20,1	5	0,00780
30	15,666	20,1	10	0,00812
35	15,203	20,2	15	0,00779
40	14,692	20,2	20	0,00799
45	14,259	20,2	25	0,00799
50	13,826	20,2	30	0,00813
55	13,582	20,3	35	0,00774
60	13,219	20,3	40	0,00787
65	12,885	20,3	45	0,00798
70	12,587	20,3	50	0,00805
75	12,317	20,3	55	0,00812
80	12,007	20,3	60	0,00836

Tabelle LXXIX.

Mittelwerte von C (für Natriumsulfatlösung).

Versuch	Prozentgehalt an Natriumsulfat	Prozentgehalt an Dextrose	Temperatur	C
56	I. 10 %	1,9997	19,8—19,9	0,00835
57	10 %	1,9990	20,0—20,1	0,00853
58	II. 5 %	2,0068	20,2—20,3	0,00801
59	5 %	2,0027	20,1—20,3	0,00800

Gesamt-Mittel aus allen Versuchen:

I. ($10\,\%\ Na_2SO_4$) bei ca. $20{,}0^0$: $C = 0{,}00844$.

II. ($5\,\%\ Na_2SO_4$) bei ca. $20{,}2^0$: $C = 0{,}00800$.

Die Beschleunigung wuchs mit der Menge des zugesetzten Salzes:

Tabelle LXXX.

(Beschleunigung durch Natriumsulfat)

Natriumsulfat	Geschwindigkeit [1])	Mittlere Temperatur	Beschleunigung
10 prozentig	844	20,0	234
5 prozentig	800	20,2	163

[1]) Mit 100 000 multipliziert.

Der Gedanke lag nahe, dass das Natriumsulfat unter dem Einfluss des Lösungswassers eine partielle Zersetzung zu Natriumbisulfat und Natriumhydroxyd erlitten habe, nach der Gleichung.

$$Na_2SO_4 + H_2O = NaHO + NaHSO_4,$$

so dass die Beschleunigung auf Rechnung des entstandenen Natriumhydroxyds zu setzen wäre. Wenn diese Vermuthung das Richtige traf, musste das Salz einer schwachen einbasischen Säure in besonders hoher Weise den Rückgang der Multirotation beschleunigen, da für dieses ein teilweiser Zerfall in Säure und Base zu erwarten war, so dass sich die Wirkung der beiden Zersetzungsprodukte summierte.

Versuche mit Natriumacetat haben diese Erwartung voll und ganz bestätigt.

C. Natriumacetat (10prozentig).

Tabelle LXXXI.

(60. Versuch.)

p 2,0007
d_4^{20} 1,0457
φ 9,746 (20,0°)
t_1 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	11,519	20,0	0	
25	10,927	20,0	5	0,03529
30	10,491	20,0	10	0,03765
35	10,158	20,1	15	0,04225
40	10,025	20,1	20	0,04015
45	9,914	20,1	25	0,04094
50	9,891	20,1	30	0,03624
60	9,810	20,1	40	0,03606

Tabelle LXXXII.

(61. Versuch.)

p = 1,9993
d_4^{20} = 1,0457
φ = 9,751 (19,9°)
t_1 = 20′

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	11,494	20,0	0	
25	10,913	20,1	5	0,03931
30	10,456	20,1	10	0,04372
35	10,136	20,1	15	0,04191
40	10,004	20,1	20	0,04356
45	9,893	20,2	25	0,03522
50	9,869	20,2	30	0,03898
55	9,843	20,2	35	0,03650
60	9,807	20,2	40	0,03733

Tabelle LXXXIII.

Mittelwerte von C (für Natriumacetatlösung).

Versuch	Prozentgehalt an Natriumacetat	Prozentgehalt an Dextrose	Temperatur	C
60	10	2,0007	20,0—20,1	0,03837
61	10	1,9993	20,0—20,2	0,03957

Gesamt-Mittel

aus beiden Versuchen (bei ca. 20,1°):

C = 0,03897.

Die durch essigsaures Natron veranlasste Beschleunigung ist, bei einem Gehalt von 10 Prozent an diesem Salz, nahezu doppelt so stark wie die von $^1/_{10}$ normaler Salzsäure.

Tabelle LXXXIV. (Beschleunigung durch Natriumacetat.)

Natriumacetat	Geschwindigkeit [1])	Mittlere Temperatur	Beschleunigung
10 prozentig	3897	20,1	3287

Die Versuche mit stärkeren Basen erwiesen sich als undurchführbar wegen der enormen Geschwindigkeit des Rückganges der Drehung selbst bei Anwendung sehr verdünnter Lösungen. So hatte sich bei Verwendung einer $^1/_{200}$ normalen Lösung von Kaliumhydroxyd die konstante Drehung fast momentan hergestellt.

Bei sehr schwachen Basen lässt sich dagegen der Rückgang der Multirotation ganz gut verfolgen. Es wurden Versuche mit Harnstoff ausgeführt, die zu nachstehenden Resultaten führten:

5. Basen und Dextrose.

Harnstofflösung.

I. 10 prozentig.

Tabelle LXXXV.

(62. Versuch.)

$p = 2{,}0009$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0330$

$\varphi = 9{,}667\ (20{,}0^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,104	20,5	0	
25	15,536	20,0	5	0,00802
30	15,081	19,9	10	0,00752
40	14,173	20,0	20	0,00774
45	13,665	20,2	25	0,00827
50	13,154	20,3	30	0,00887
55	12,844	20,3	35	0,00876
60	12,604	20,3	40	0,00852
65	12,354	20,3	45	0,00843
70	12,144	20,2	50	0,00829
75	11,864	20,2	55	0,00849
80	11,669	20,2	60	0,00845
85	11,604	20,1	65	0,00802

Tabelle LXXXVI.

(63. Versuch.)

$p = 2{,}0150$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0338$

$\varphi = 9{,}686\ (19{,}8^0)$

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	16,192	20,2	0	
25	15,590	20,3	5	0,00843
30	15,035	20,3	10	0,00850
35	14,537	20,3	15	0,00849
40	14,100	20,2	20	0,00842
45	13,714	20,0	25	0,00833
50	13,378	20,0	30	0,00820
55	13,034	20,0	35	0,00824
60	12,700	20,0	40	0,00835
65	12,400	20,0	45	0,00844
70	12,197	20,0	50	0,00827

Tabelle LXXXVII.

(64. Versuch.)

$p = 1{,}9996$

$d\,^{20}_{4} = 1{,}0328$

$\varphi = 9{,}566\ (20{,}4^0)$

$t_1 = 25'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
25	15,237	20,0	0	
30	14,760	20,0	5	0,00763
35	14,282	20,0	10	0,00801
40	13,834	20,0	15	0,00823
45	13,420	20,0	20	0,00839
50	13,127	20,0	25	0,00808
55	12,864	20,0	30	0,00784
60	12,342	20,3	35	0,00886
65	12,121	20,3	40	0,00865
70	11,826	20,4	45	0,00888
75	11,589	20,6	50	0,00895

[1]) Mit 100 000 multipliziert.

Tabelle LXXXVIII.

II. 5 prozentig.

(65. Versuch.)

$p = 2{,}0017.$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0175$

$\varphi = 9{,}575$ (20,0°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	15,941	19,7	0	
25	15,415	19,8	5	0,00749
30	15,025	20,2	10	0,00675
35	14,541	20,1	15	0,00719
40	14,235	20,0	20	0,00677
45	13,801	19,8	25	0,00712
50	13,410	19,5	30	0,00734
55	13,190	19,6	35	0,00702
60	12,838	19,7	40	0,00725
65	12,615	19,8	45	0,00713
70	12,307	19,9	50	0,00734

Tabelle LXXXIX.

(66. Versuch.)

$p = 1{,}9976$

$d\,{}^{20}_{4} = 1{,}0174$

$\varphi = 9{,}495$ (19,8°)

$t_1 = 20'$

t'	β	T	$t_2 - t_1$	C
20	15,973	20,3	0	
25	15,400	20,3	5	0,00804
30	14,872	20,4	10	0,00809
35	14,400	20,3	15	0,00805
40	14,054	20,3	20	0,00763
45	13,702	20,2	25	0,00749
50	13,359	20,2	30	0,00748
55	12,868	20,3	35	0,00809
60	12,626	20,3	40	0,00789
65	12,300	20,3	45	0,00807
70	12,100	20,2	50	0,00791
75	12,000	20,2	55	0,00750

Tabelle XC.

Mittelwerte von C (für Harnstoff).

Versuch	Prozentgehalt an Harnstoff	Prozentgehalt an Dextrose	Temperatur	C
62	I. 10%	2,0008	19,9—20,5	0,00828
63	10%	2,0150	20,0—20,3	0,00837
64	10%	1,9996	20,0—20,6	0,00835
65	II. 5%	2,0017	19,5—20,2	0,00714
66	5%	1,9976	20,2—20,4	0,00784

Gesamt-Mittel

aus allen Versuchen.

I. (10 prozentig) bei ca. 20,2°: $C = 0{,}00833.$

II. (5 prozentig) bei ca. 20,0°: $C = 0{,}00749.$

Die Beschleunigung beträgt:

Tabelle XCI.

(Beschleunigung durch Harnstoff.)

Harnstoff	Geschwindigkeit	Mittlere Temperatur	Beschleunigung
10 prozentig	833	20,2	196
5 prozentig	749	20,0	139

Vorstehende Untersuchung wurde während des Wintersemesters 1893/94, sowie des Sommersemesters 1894 im zweiten chemischen Institut der Universität Berlin ausgeführt. Ich bin dem Direktor desselben, Herrn Geheimrat Professor Dr. Landolt, sowie Herrn Professor Dr. Jahn für ihre freundliche Unterstützung durch Rat und That und das rege Interesse, das sie meiner Arbeit schenkten, zu herzlichem Danke verpflichtet.

THESEN.

1. Der Multirotations-Rückgang beruht auf einem Hydratations-Prozess.

2. Die Kenntnis der höheren Analysis ist unerlässlich für ein tieferes Verständnis der chemischen Vorgänge.

3. Die Ergebnisse und Fortschritte der Naturwissenschaften sollen so viel wie möglich weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden.

VITA.

Natus sum Antonius Levy Berolini die XXIV. mensis Decembris anni MDCCCLXIX. patre Samuelo, quem praematura morte mihi ereptum valde lugeo, matre Emilia e gente Schueck.

Fidei addictus sum mosaicae. Gymnasium, cui est nomen Leibnitii, Berolini frequentavi, ubi auctumno anni MDCCCLXXXIX maturitatis testimonium adeptus sum. Tum civis almae matris Fridericae Guilelmae Berolinensis inscriptus per quinque annos studiis me dedi philosophicis, physicis, mathematicis, technologicis praecipue chemicis.

Exercitationibus in laboratoriis chemicis et physicochemicis, quibus vir praeclarissimus Landolt praeest, interfui.

Praeceptores me docuerunt: Friedheim, Gabriel, de Hofmann†, Hoppe, Jahn, Kundt†, Landolt, Liebermann, Rammelsberg, Reissert, Sell. Quibus cum omnibus tum viris doctissimis Landolt et Jahn bene de me meritis maximas gratias ago semperque habebo.